

IZBOR UZEMLJENJA MREŽE**SELECTION OF NETWORK GROUNDING**Đurađ Krneta, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu obrađena je tematika u izbora uzemljenja mreže. Opisani su različiti sistemi za uzemljenje i dat uvid u načine uzemljenja mreže u različitim zemljama.

Ključne reči – Uzemljenje, Sistem za uzemljenje, Kratak spoj

Abstract – In this paper, the topic of network grounding selection is discussed. Various grounding systems are described. An insight into the various ways of grounding the network in different countries is given.

Keywords – Electrical grounding, Electrical grounding system, Short-circuit

1. UVOD

Ovaj rad bavi se problemom izbora uzemljenja mreža. Uzemljenja mreža su važna za pravilan pogon mreža, za obezbeđivanje da u toku rada mreža naponi budu u granicama. Važna je i zaštitna funkcija uzemljenja gde se izbegavaju opasne situacije vezane za pojavu napona na mestima kvara.

Konačno izbor uzemljenja u značajnoj meri određuje i način i funkcionisanje zaštite mreža i celokupnog elektroenergetskog sistema, pogotovo ako se ima u vidu da su kvarovi sa zemljom daleko najčešći tip kvara. U drugoj glavi rada opisani su elektroenergetski sistem kao i njegovi elementi, tu je takođe navedena funkcija i podela releja, kao i uloga relejne zaštite. U trećoj glavi su obrađeni kvarovi u elektroenergetskom sistemu. U četvrti glavi definisan je pojam uzemljenja i date su njegove funkcije. U petoj glavi se razmatraju četiri osnovna tipa uzemljenja kao i izbor uzemljenja mreže. Šesta glava posvećena je TN, TT i IT sistemima, dok je u sedmoj glavi objašnjena praksa uzemljenja mreže u različitim državama. Poslednje dve glave su Zaključak i Literatura.

2. ELEKTROENERGETSKI STEM

Elektroenergetski sistem je složen, dinamički sistem, kojeg čine elektroenergetski objekti međusobno povezani tako da čine jedinstven tehničko-tehnološki sistem, on svoju primarnu energiju pretvara u električnu. Elektroenergetski objekat je građevinska elektro montažna celina koja načelno služi za proizvodnju, prenos i distribuciju električne energije [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red. prof.

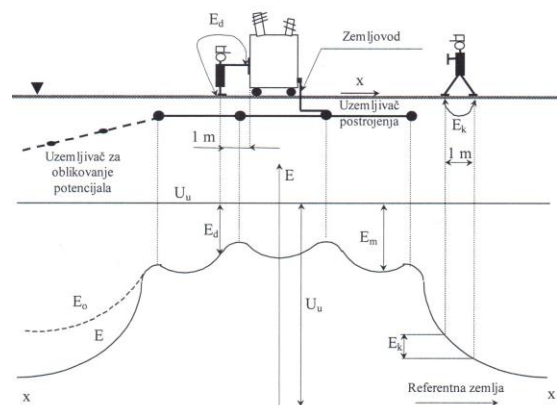
3. KVAROVI U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

Smatra se da opasno pogonsko stanje predstavlja „lakši vid“ odstupanja od normalnog pogonskog stanja. Opasno pogonsko stanje se po pravilu signalizira pogonskom osoblju, pa tek zatim, ukoliko se ne preduzme odgovarajuća akcija, sledi isključenje. Kvarovi u elektroenergetskom sistemu mogu se podvesti pod jedan od sledećih tipova, koji su u sledećem nabrajanju dati po redosledu koji oslikava njihovu učestanost pojavljivanja:

1. Jednofazni (jednopolni) kratak spoj.
2. Dvofazni (dvpolni) kratak spoj bez zemlje.
3. Dvofazni (dvpolni) kratak spoj sa zemljom.
4. Trofazni (tropolni) kratak spoj.

4. UZEMLJENJE**4.1. Sistem za uzemljenje**

Uzemljenje u elektroenergetskom sistemu predstavlja skup svih sredstava i mera kojima se obezbeđuje normalan rad sistema, bezbedan rad i kretanje ljudi i životinja u blizini objekta koji mogu doći pod napon u normalnim ili havarijskim situacijama i zaštita ljudi i opreme od struja i napona koji se javljaju pri atmosferskim pražnjenjima [2].



Slika 4.1. – Sistem za uzemljenje

4.2. Tipovi uzemljivača

Prema obliku uzemljivači se dele na:

- Zrakaste.
- Prstenaste.
- Mrežaste.
- Kombinovane.

4.3. Vrste uzemljivača

Vrste uzemljenja:

1. Gromobransko uzemljenje.

2. Pogonsko (radno) uzemljenje.
3. Zaštitno uzemljenje.
4. Združeno uzemljenje.

4.3.1. GROMOBRANSKO UZEMLJENJE

Gromobransko uzemljenje se koristi pri zaštiti od udara munje. Prenapon je ona vrednost napona koja je za minimalno 10% viša od nominalne vrednosti. Gromobransko uzemljenje se razlikuje od ostalih uzemljenja jer deluje samo za vreme trajanja prenapona.



Slika 4.2. – Izvođenje gromobranskog uzemljenja na primeru kuće

4.3.2. POGONSKO (RADNO) UZEMLJENJE

Pogonsko uzemljenje se još naziva i radno uzemljenje. Ono se izvodi tako da je strujni krug postrojenja spojen sa zemljom. Mora biti konstruisano za najveću moguću struju zemljospoja. U pogonska uzemljenja ubrajaju se:

- uzemljenje visokonaponskih namotaja mernih naponskih transformatora,
- uzemljenje mernih transformatora,
- uzemljenje aktivnih i reaktivnih otpora u nultim tačkama transformatora za indirektno uzemljenje,
- uzemljenje nulte tačke transformatora.

4.3.3. ZAŠTITNO UZEMLJENJE

Zaštitno uzemljenje je uzemljenje metalnih delova koji ne pripadaju strujnim kolima niti su posredno u električnom kontaktu s njima, ali u slučaju kvara mogu doći pod napon. Zaštitno uzemljenje smanjuje ovaj napon, kao i potencijalne razlike dodira i koraka kojima mogu biti izloženi ljudi.

4.3.4. ZDRUŽENO UZEMLJENJE

Zaštitno uzemljenje, radno uzemljenje i gromobransko uzemljenje mogu se međusobno povezati i to se naziva združenim uzemljenjem.

4.4. Dimenzionisanje sistema za uzemljenje i uzemljivača

Oblikovanje uzemljivača zavisi od:

1. raspoloživog prostora,
2. rasporeda opreme i drugih uređaja na površini tla koji se uzemljuju,
3. vrste i karakteristike tla.

Sistem za uzemljenje dimenzioniše se prema:

1. toplotnima naprezanjima,
2. naponima koji se javljaju u sistemu uzemljenja

5. SISTEM ZA UZEMLJENJE I IZBOR UZEMLJENJA MREŽE

5.1. Sistem sa izolovanim zvezdištem

Mreža sa izolovanim zvezdištem je takva mreža u kojoj su sve neutralne tačke (zvezdišta) svih transformatora izolovane prema zemlji. U ovoj mreži se pri spoju faznog provodnika sa zemljom pojavljuju relativno male vrednosti struja kvara, koje su kapacitivne. U električnom smislu ovaj sistem je povezan sa zemljom preko kapacitivnosti između faza i zemlje, pa se ponekad naziva i kapacitivno uzemljen sistem. Struje kratkog spoja znaju biti veoma male t.j. zanemarljive, pa ih je ponekad veoma teško detektovati.

5.2. Sistem uzemljen preko impedanse

U slučaju ovog tipa uzemljenja između neutralne tačke i zemlje koristi se impedansa. U slučaju kada je neutralna tačka jednog ili više energetske transformatora uzemljena preko impedanse mogu se ograničiti i struja zemljospoja i prelazni prenaponi.

5.3. Direktno uzemljen sistem

Pod direktnim uzemljenjem smatra se kada su elementi mreže povezani direktno na uzemljenje bez otpornosti između. Direktno uzemljena mreža je ona kod koje je neutralna tačka jednog ili više energetske transformatora neposredno vezana za uzemljivač postrojenja. Ovaj način uzemljenja koristi se kod najviših napona: 110 kV, 220kV i 400 kV. Kod ovih sistema struje zemljospoja su veoma velike i idu od nekoliko kA do nekoliko desetina kA. Za razliku od struja, naponi za vreme kvara nisu toliko visoki, što znači da su naponska naprezanja minimalna. Prednost ovakvog tipa uzemljenja je što su struje velike što značajno olakšava da se brzo i nedvosmisleno detektuju kvarovi.

5.4. Rezonantno uzemljenje

Osnovni razlog za ugradnju automatskih kompenzacionih prigušnica (Petersonovih prigušnica) za rezonantno uzemljenje jeste povećanje kvaliteta isporuke električne energije sa gledišta pouzdanosti napajanja. Automatskom prigušnicom se kompenzuju kapacitivne struje mreže na zadate vrednosti.

5.5. IZBOR UZEMLJENJA MREŽE

1. Uzemljenja mreže na svakom naponskom nivou. Ovakav način uzemljenja mreže se primenjuje zato što se između dva naponska nivoa nalazi transformator sprege zvezda trougao koji predstavlja prekid za nulti režim u kojem uzemljenje ima svoju funkcionalnost. Zato je neophodno uzemljiti svaki od transformatora preko kojeg se taj naponski nivo napaja, pa se na taj način preko višestrukog uzemljenja obezbeđuje postojanje uzemljenja u svim delovima mreže [3].

2. U slučaju kada je sabirnički sistem podeljen na sekcije pomoću sekcionog prekidača i sekcionog polja,

svaka od sekcija mora imati najmanje jednu tačku uzemljenja. Ukoliko postoje dva ili više izvora napajanja po delu sekcije (sabirnice), treba da postoje odredbe za uzemljenje najmanje dva izvora na svakoj sekciji.

3. Način kada se uzemljenje transformator kod izvora napajanja, a nikada se uzemljuju transformatori preko kojih se napaja potrošnja. Ovakvim izborom uzemljenja se obezbeđuje usmeravanje nulte komponente struje kvara samo prema jedinstvenom mestu uzemljenja tog dela mreže. Na ovaj način se izbegava nepotrebno korišćenje usmerene zaštite, kao i nekontrolisana distribucija nulte komponente po različitim delovima sistema na tom naponskom nivou. Jedino mesto i uzemljivač se prave sa malim otporom uzemljenja kao se ne bi generisali visoki naponi na samom uzemljivaču.

6. UZEMLJENJE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA NISKOGR NAPONA

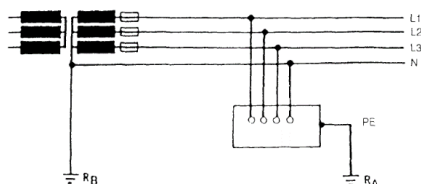
6.1. TN sistem

TN sistem ima jednu tačku (neutralnu) sistema direktno spoenu sa zemljom, dok su dohvatljivi delovi preko zaštitnog provodnika direktno spojeni na uzemljenu neutralnu tačku. U odnosu na raspored i funkciju neutralnog i zaštitnog provodnika postoje tri podvrste TN sistema:

1. TN-S sistem
2. TN-C-S sistem
3. TN-C sistem

6.2. TT sistemi

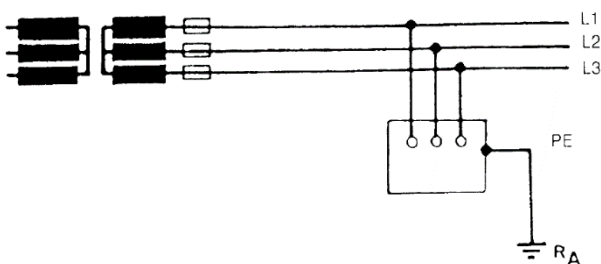
TT sistem napajanja ima jednu direktno uzemljenu tačku, a izloženi provodni delovi električne instalacije su spojeni sa zemljom preko uzemljenja koje je električno nezavisno od uzemljenja sistema napajanja.



Slika 6.4. – TT sistem

6.3. IT sistemi

IT sistem napajanja nema nijednu direktno uzemljenu tačku, a izloženi provodni delovi električnih instalacija su uzemljeni, slika 6.5.



Slika 6.5. – IT sistem

Svi aktivni provodnici su izolovani od zemlje ili su u jednoj tački spojeni sa zemljom preko velike impedanse, kućišta potrošača se uzemljuju. Nijedan provodnik pod naponom u instalaciji ne sme se spojiti direktno sa zemljom. Ovaj sistem se još poznat kao zaštitno uzemljenje izolovanih sistema.

7. PRAKSA UZEMLJENJA MREŽE U RAZLIČITIM ZEMLJAMA

U ovom poglavlju će biti detaljnije objašnjen način uzemljenja mreže u sledećim državama:

1. Francuska.
2. Rusija.
3. Srbija.

7.1. Francuska

Uputstva u mrežama u Francuskoj, kako vazдушnim tako i kablovskim ili mešovitim, predviđaju sledeće vrste uzemljenja:

1. Direktno uzemljenje.
2. Uzemljenje preko male otpornosti.
3. Preko trofazne male reaktanse (transformatora za uzemljenje).

7.2. Rusija

Mreže 6, 10 i 35 kV u Rusiji rade se kao izolovane ili, kada su struje zemljospoja veće od dozvoljenih, sa kompenzacionim prigušnicama. Propisi predviđaju rezonantno podešavanje prigušnica, odnosno tačnu kompenzaciju. U mrežama 6 i 10 kV dozvoljena je prekompensacija od 5 % kada reaktivna komponenta struje zemljospoja na mestu kvara nije veća od 10 A. U mrežama 35 kV dozvoljava se prekompensacija od 10%, ako pomenuta struja na mestu kvara nije veća od 15A.

7.3. Srbija

Rad distributivnih mreža u Srbiji odvija se na sledeći način [4]:

- Mreža 110 kV je radijalna (neupetljana), ali nadzemna mreža 110 kV može izuzetno da radi i kao prstenasta (upetljana).
- Mreža 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0,4 kV su radijalne.

U distributivnim mrežama 110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0,4 kV primenjuju se sledeći načini uzemljenja:

1. Direktno uzemljenje.
2. Uzemljenje preko niskoomske impedanse.
3. Izolovanje neutralnih tačaka od zemlje.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu obrađen je problem izbora uzemljenja mreža. U radu su obrađeni osnovni pojmovi vezani za uzemljenje i uzemljivače. Razmotrena su tri osnovna tipa

uzemljenja, razmotreni su načini za izbor uzemljenja, razmotreni su tipovi uzemljenja u niskonaponskim mrežama i dat je i uvid u primenu sistema za uzemljenje u različitim državama.

Na ovaj način je napravljen dobar uvid u uzemljivače, sisteme uzemljenja, njihovu primenu i njihovo funkcionisanje što je i osnovni cilj ovog rada.

9. LITERATURA

- 1.V.Strezoski, *Osnovi elektroenergetike*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2014.
- 2.G.Dotlić, *Elektroenergetika kroz standarde, zakone, pravilnike odluke i tehničke preporuke*, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera Srbije, Beograd, 2013.
- 3.<https://electrical-engineering-portal.com/select-grounding-points-generator-transformer-neutrals>
- 4.*Tehnička preporuka br.6, Uzemljenje neutralnih tačaka u elektrodistributivnim mrežama 110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0.4 kV*, JP EPS – Direkcija za distribucije električne energije, Beograd, 2004.

Kratka biografija:



Đurađ Krneta rođen je u Somboru 1996. godine. Osnovne studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka 2020. godine. iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo, smer Elektroenergetski sistemi. Master rad, na istom fakultetu, odbranio je 2022. godine.

Kontakt: djuradj.krneta@gmail.com